

Penentuan Jalur Evakuasi dan Titik Kumpul Terhadap Bencana Gempa Bumi

Dwi Setyo Mulyatno¹, Puryani^{*2}, Yuli Dwi Astanti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta, Jalan Babarsari 2
Tambakbayan, Yogyakarta, 55281

e-mail: ¹dwisetyomulyatno@gmail.com, ^{*2}puryani@upnyk.ac.id,
³yulidwi.astanti@upnyk.ac.id

(artikel diterima: 07-06-2020, artikel disetujui: 12-07-2020)

Abstrak

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta (UPNVY) merupakan salah satu kampus yang berdiri di atas daerah rawan bencana. Berdasarkan informasi dari Kepala Bagian Sarana dan Prasarana, pemasangan petunjuk jalur evakuasi dan papan titik kumpul di UPNVY dilakukan hanya berdasarkan pengalaman yang pernah terjadi beberapa tahun silam. Bencana gempa 2006 dan erupsi merapi 2010 yang terjadi, banyak pengguna gedung yang kebingungan dalam menyelamatkan diri karena kurangnya petunjuk evakuasi. Hal ini sangat rentan timbulnya kerugian maupun korban karena bencana gempa bumi tidak dapat di prediksi dan terjadi secara tiba-tiba. Penelitian ini bertujuan untuk membuat visualisasi simulasi pengguna terhadap bencana gempa bumi. Simulasi juga akan menunjukkan tempat untuk keluar dan menyelamatkan diri serta menghindari tempat yang berbahaya dari gedung secara cepat dan aman dengan 3 skenario. Hasil simulasi untuk Gedung Pattimura, skenario 2 dianggap paling baik dengan waktu evakuasi 46’51” dengan 2 kelas melewati tangga tengah dan 2 kelas melewati tangga timur dan barat. Sedangkan Gedung Cipto Mangunkusumo dipilih skenario 2 dengan waktu evakuasi 49’ dengan rute 2 kelas melewati tangga timur dan 1 kelas melewati tangga barat. Kebutuhan papan petunjuk informasi bencana sebanyak 90 papan jalur evakuasi kelas, 76 papan jalur evakuasi tangga, 1 papan arah titik kumpul, dan 3 papan titik kumpul.

Kata kunci: bencana gempa bumi, jalur evakuasi, simulasi, titik kumpul

Abstract

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta (UPNVY) is one of the campuses that stand on the area of disaster prone areas. Based on the information from the head of facilities and infrastructure section, installation of evacuation route instructions and gathering points at UPNVY is based solely on the experience that has occurred several years ago. Earthquake disaster 2006 and Merapi eruption 2010 that occurs, many users of the building are confused in rescues themselves for lack of evacuation instructions. It is very vulnerable to the onset of loss or casualties because the earthquake disaster is unpredictable and occurs suddenly. This research aims to create visualization of user simulation against earthquake disaster. The simulation will also show you where to come out and save yourself as well as avoiding the dangerous places of the building quickly and securely with 3 scenarios. Simulated results for Pattimura building, Scenario 2 is considered best with the evacuation time of 46 ' 51 " with 2 classes passing through the middle stairs and 2 classes through the East and West Stairs. Meanwhile, Cipto Mangunkusumo building was selected scenario 2 with an evacuation time of 49 ' with 2 class routes passing through the East Stairs and 1 class

through the western stairs. The need for disaster information signage is 90 board class evacuation line, 76 board stair evacuation Line, 1 board gathering point, and 3 point gathering boards.

Keywords: *earthquake disaster, evacuation route, gathering point, simulation*

1. PENDAHULUAN

Secara geologis, Indonesia berada pada pertemuan empat lempeng utama, yaitu: Eurasia, Indo-Australia, Filipina, dan Pasifik yang menjadikan Indonesia menjadi daerah rawan bencana gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung api (Tim BNPB, 2018). Menurut Indeks Risiko Bencana Indonesia, terdapat 337 kabupaten/kota di Indonesia sebagai daerah rawan bencana gempa bumi dengan kelas risiko tinggi dan 160 kabupaten/kota termasuk kelas risiko sedang. Salah satu daerah rawan bencana gempa bumi dengan kelas risiko tinggi yaitu Daerah Istimewa Yogyakarta. Menurut Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta, ada dua pemicu potensi gempa di Yogyakarta yaitu patahan atau sesar opak yang pusatnya di Dusun Potrobayan, Srihardono, Pundong, Bantul dan patahan subduksi atau pertemuan antara lempengan Eurasia dengan Indo-Australia. Tindakan *preventive* saat terjadi gempa bumi ketika di dalam gedung dan perkantoran yaitu: (1) berlindung di bawah meja atau benda lain yang kokoh dari reruntuhan bangunan, (2) mencari tempat yang aman dari reruntuhan, dan (3) lari keluar dari gedung (Balai Diklat Industri Yogyakarta, 2014). Salah satu manajemen bencana pada gedung adalah bagaimana menentukan jalur penyelamatan keluar dari gedung menuju titik kumpul secara cepat dan aman.

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta (UPNVY) merupakan salah satu kampus yang berdiri di atas daerah rawan bencana. Gedung Cipto Mangunkusumo dan Pattimura yang berada di UPNVY merupakan salah satu area berlangsungnya aktivitas kampus pada jurusan Teknik Industri, Teknik Informatika, dan DIII Teknik Kimia dimana banyak pengguna maupun pengunjung di dalam dan di sekitarnya yaitu Dosen, Pegawai Tata Usaha, *Cleaning Service*, Mahasiswa, dan pengunjung lainnya. Berdasarkan informasi dari Pangkalan Data Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi tahun 2017/2018, terdapat 1.049 Mahasiswa dan 40 Dosen Tetap. Sedangkan jumlah pegawai Tata Usaha dari ketiga jurusan tersebut sebanyak 18 pegawai dan 10 *Cleaning Service*.

Berdasarkan informasi dari Kepala Bagian Sarana dan Prasarana, pemasangan petunjuk jalur evakuasi dan papan titik kumpul di UPNVY dilakukan hanya berdasarkan pengalaman yang pernah terjadi beberapa tahun silam. Pada bencana gempa tahun 2006 dan erupsi Merapi tahun 2010 yang terjadi, banyak pengguna gedung yang kebingungan dalam menyelamatkan diri karena kurangnya petunjuk evakuasi. Hal ini sangat rentan timbulnya kerugian maupun korban karena bencana gempa bumi tidak dapat di prediksi dan terjadi secara tiba-tiba. (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2016) menyebutkan, manajemen tanggap darurat gedung antara lain pemetaan resiko dan simulasi kondisi darurat atau bencana. Dengan kata lain pemasangan petunjuk titik kumpul di UPNVY belum memenuhi standar keselamatan dan kesehatan kerja perkantoran dimana lingkungan kampus terdiri dari banyak orang dan bangunan yang tinggi. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisis terkait hal tersebut untuk meminimalisasi resiko dari bencana yang terjadi sehingga tidak menimbulkan kerugian maupun korban.

Penelitian ini mengusulkan gambaran simulasi pengguna dan pengunjung gedung terhadap bencana gempa bumi. Menurut (Djati, 2007), bahwa simulasi mampu menghadapi kompleksitas permasalahan, mengukur kinerja dari suatu data yang bervariasi dan mampu memberikan solusi alternatif secara cepat lewat bantuan program komputer. Penggunaan simulasi ini akan menunjukkan tempat untuk keluar dan menyelamatkan diri serta menghindari tempat yang berbahaya dari gedung secara cepat dan aman. Usulan menggunakan simulasi dimaksudkan untuk memperkiraan waktu evakuasi dengan beragam skenario posisi pengguna gedung yang mungkin terjadi. Simulasi mampu meniru sebuah sistem nyata secara riil dan membentuknya menjadi model (Asmungi, 2007). Model tersebut digunakan untuk membangun beragam skenario lalu mengambil skenario terbaik sebagai usulan dari sebuah permasalahan. Dengan model simulasi maka dapat dilihat beragam kemungkinan pada saat proses penyelamatan diri, sehingga nantinya dapat dipelajari untuk penanganan yang lebih efektif.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Gedung Cipto Mangunsubroto dan Pattimura UPNVIY. Di gedung ini akan ditentukan jalur evakuasi dan titik kumpul terhadap bencana gempa bumi dalam upaya penyelamatan diri secara cepat dan aman. Penyelesaian masalah ini dilakukan dengan membuat model simulasi berdasarkan perilaku sistem nyata secara menyeluruh. Model yang akan dikembangkan diawali dengan membangun skenario untuk menemukan jalur evakuasi dan titik kumpul terhadap bencana gempa bumi (OSHA, 2003). Berbagai penelitian tentang jalur evakuasi telah diteliti, salah satunya adalah *emergency exit* untuk bangunan-bangunan skala besar (Sumardjito, 2010).

Pengumpulan data dilakukan dengan praktek simulasi gempa secara langsung di lingkungan Gedung Ciptomangunkusumo dan Pattimura. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 18 dan 20 Februari, dan 14 April 2019. Sampel ini dilakukan dengan 10 mahasiswa dimana melakukan simulasi lari secara langsung di tiap tangga pada kedua gedung tersebut untuk menuju lapangan basket. Data yang diambil yaitu waktu tempuh dari tiap kelas menuju tangga antar lantai dan menuju lapangan basket menggunakan *stopwacth*.

a. Rute evakuasi

Rute evakuasi untuk Gedung Pattimura yaitu tangga barat, tengah, dan timur gedung kuliah Teknik Industri (TI) serta tangga barat dan timur gedung kuliah Teknik Informatika (IF). Rute untuk Gedung Cipto Mangunkusumo yaitu tangga barat dan timur.

b. Titik kumpul

Titik kumpul utama yang ditentukan pihak UPNYK berada di Lapangan Basket. Penentuan tersebut karena berada di area yang terbuka dan luas serta dapat menampung banyak orang. Alternatif titik kumpul lainnya yaitu parkir motor dan parkir mobil.

c. Data yang digunakan

Data berikut merupakan rangkuman dari 10 sampel yang sudah dilakukan dan dihitung rata-ratanya lalu dimasukkan pada *processing* dalam ProModel. Data yang digunakan adalah data waktu tempuh antar kelas, waktu tempuh melalui tangga barat, tangga tengah, tangga timur, data waktu tempuh dari tiap tangga menuju lapangan basket.

Berdasarkan data yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Melakukan uji distribusi data mahasiswa, dosen, dan karyawan.
Data yang sudah diperoleh selanjutnya dilakukan pengujian yaitu uji normalitas dan uji validitas (Azwar, 1997). Uji normalitas merupakan uji untuk menentukan apakah data yang telah diambil berasal dari populasi dengan distribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas akan menjadi dasar dalam pemilihan uji statistik saat validasi. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software* SPSS. Membangun model simulasi berdasarkan sistem nyata:
 - a. *Location*, membuat model bangunan sesuai dengan tata letak sistem nyata.
 - b. *Entity*, menentukan entitas yaitu mahasiswa, dosen, karyawan.
 - c. *Process*, membuat rute dan proses setiap lokasi dengan sampel data waktu tempuh yang sudah dilakukan.
 - d. *Arrivals*, menentukan kedatangan mahasiswa, dosen, karyawan pada setiap *location*.
- 2) Mensimulasikan model nyata untuk dilakukan pengamatan. Pengamatan yang dilakukan yaitu proses penyelamatan diri dengan keluar dari gedung menuju titik kumpul.
- 3) Melakukan validasi dan verifikasi model agar diketahui apakah model tersebut sudah benar atau tidak dengan melakukan pemeriksaan *model code*, *animasi*, dan *output*.
- 4) Membangun model skenario perbaikan dengan membuat skenario baru dalam proses evakuasi menuju titik kumpul.
- 5) Menjalankan model skenario perbaikan dengan membandingkan antara model sistem nyata dan model skenario sistem selanjutnya melihat apakah sistem perbaikan cukup optimal dan layak untuk dijalankan.
- 6) Membandingkan hasil simulasi sistem nyata dengan skenario perbaikan dan mendokumentasikan hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Simulasi

Berdasarkan langkah-langkah yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya diperoleh hasil untuk pengujian, semua data sampel bersifat normal dan valid. Bersifat valid karena seluruh data memperoleh hasil dengan nilai signifikansi $> 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut maka data dapat diolah untuk dibuat model sistem nyata pada ProModel.

- a) Membuat *location*, penentuan lokasi tangga untuk Gedung Pattimura seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Penentuan lokasi tangga Gedung Pattimura

No.	Lokasi	Jumlah Entitas (orang)	Kapasitas (orang)
1	Patt tgh 3	190	50
2	Patt tgh 2	350	50
3	Patt tgh 1	354	50
4	Patt tgh dsr	74	50
5	Patt brt 3	20	25

No.	Lokasi	Jumlah Entitas (orang)	Kapasitas (orang)
6	Patt brt 2	60	25
7	Patt brt 1	60	25
8	Patt brt dsr	15	25
9	Patt tmr 3	20	25
10	Patt tmr 2	60	25
11	Patt tmr 1	60	25
12	Patt tmr dsr	30	25
13	Patt if brt 3	30	25
14	Patt if brt 2	60	25
15	Patt if brt 1	60	25
16	Patt if brt dsr	15	25
17	Patt if tmr dsr	8	25

- b) Membuat *entities*, entitas untuk tangga Gedung Pattimura seperti pada Gambar 1.

Name	Speed (fpm)	Stats	Notes...
Mahasiswa	65,6168	Time Series	
Karyawan	65,6168	Time Series	
Dosen	65,6168	Time Series	

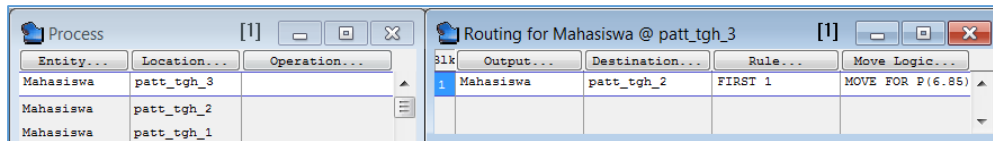
Gambar 1 Entitas tangga Gedung Pattimura

- c) Membuat *arrivals*. Untuk Gedung Pattimura *arrivals* digambarkan pada Gambar 2.

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrence	Frequency	Logic...	Sub...
Mahasiswa	patt_tgh_3	4		45	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tgh_2	4		85	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tgh_1	4		85	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tgh_ds	3		20	3 sec	No	
Karyawan	patt_tgh_1	4		1	3 sec	No	
Karyawan	patt_tgh_ds	2		4	3 sec	No	
Dosen	patt_tgh_3	2		5	3 sec	No	
Dosen	patt_tgh_2	2		5	3 sec	No	
Dosen	patt_tgh_1	2		5	3 sec	No	
Dosen	patt_tgh_ds	2		3	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tmr_3	2		10	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tmr_2	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tmr_1	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_tmr_ds	2		15	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_brt_3	2		10	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_brt_2	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_brt_1	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	if_brt_3	2		15	3 sec	No	
Mahasiswa	if_brt_2	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	if_brt_1	2		30	3 sec	No	
Mahasiswa	if_brt_dsr	1		15	3 sec	No	
Mahasiswa	patt_brt_dsr	1		15	3 sec	No	
Dosen	if_tmr_dsr	2		2	3 sec	No	
Karyawan	if_tmr_dsr	2		2	3 sec	No	

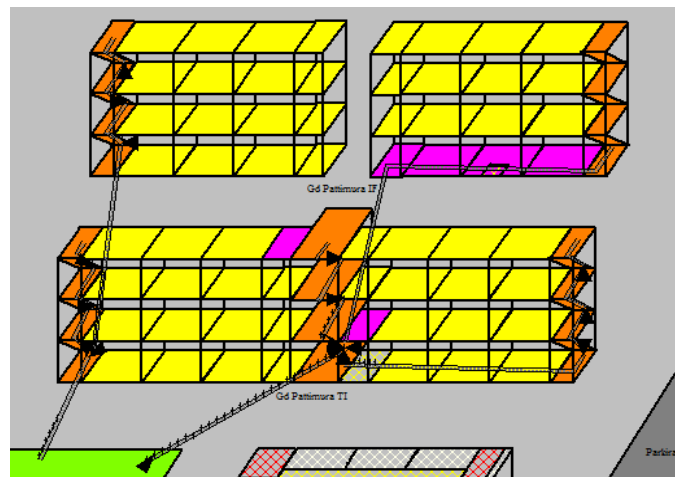
Gambar 2 Arrival tangga Gedung Pattimura

- d) Membuat *processing*. Proses *coding* untuk Gedung Pattimura seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Proses *coding* tangga Gedung Pattimura

- e) Menjalankan model simulasi. Simulasi sistem nyata tangga Gedung Pattimura digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Simulasi sistem nyata tangga Gedung Pattimura

- f) Hasil simulasi sistem nyata
Jumlah total *exit* pada titik kumpul di lapangan basket sebanyak 1.410 mahasiswa, 16 karyawan, dan 40 dosen. Jalur menuju titik kumpul hanya ada 2 yaitu lorong dari tangga tengah dan barat lapangan basket. Banyaknya mahasiswa, dosen, dan karyawan menjadikan proses evakuasi menuju titik kumpul membutuhkan waktu 1 jam 20 menit 6 detik. Hal ini karena terjadi penumpukan orang dari lantai satu, dua, dan tiga sehingga pada lantai dasar terdapat pemadatan orang saat menuju titik kumpul. Hasil *running* simulasi sistem nyata dapat dilihat pada Gambar 5.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
FTI 3D Tangga Patt nyata.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)	
Mahasiswa	1410,00	0,00	19,04	18,14	0,00	0,89	0,00	
Karyawan	16,00	0,00	11,06	9,81	0,00	1,25	0,00	
Dosen	40,00	0,00	14,73	13,63	0,00	1,10	0,00	

Gambar 5 Hasil simulasi dari sistem nyata tangga Gedung Pattimura

Dengan cara yang sama dibuat simulasi untuk Gedung Cipto Mangunkusumo. Hasil simulasi dari sistem nyata bahwa jumlah total *exit* dari gedung Cipto Mangunkusumo pada titik kumpul di lapangan basket sebanyak 126 mahasiswa, 14 karyawan, dan 14 dosen. Jalur menuju titik kumpul ada 2 yaitu lorong dari tangga barat dan tangga timur. Banyaknya mahasiswa, dosen, dan karyawan menjadikan proses evakuasi menuju titik kumpul membutuhkan waktu 57 menit 47 detik. Hal ini karena terjadi penumpukan orang dari lantai satu dan dua sehingga pada lantai dasar terdapat pemadatan orang saat menuju titik kumpul. Selain itu lorong pada gedung ini juga tidak terlalu lebar. Hasil *running* simulasi sistem nyata dapat dilihat pada Gambar 6.

General Report (Normal Run - Rep. 1)							
General	Locations	Location States Multi	Entity Activity	Entity States			
FTI 3D Cipto nyata.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Mahasiswa	126,00	0,00	26,08	25,08	0,00	1,00	0,00
Karyawan	14,00	0,00	12,21	11,21	0,00	1,00	0,00
Dosen	14,00	0,00	10,86	9,86	0,00	1,00	0,00

Gambar 6 Hasil simulasi dari sistem nyata Gedung Ciptomangunkusumo

3.2 Analisis Hasil

1) Analisis hasil model sistem nyata

Model nyata merupakan model yang dibuat untuk melihat perilaku sistem nyata. Berdasarkan *total exit* yang didapat dari ProModel, *output* mahasiswa, dosen, dan karyawan pada Gedung Pattimura yaitu 1.466 orang dengan waktu 1 jam 20 menit 6 detik. Sedangkan Gedung Cipto Mangunkusumo yaitu 154 orang dengan waktu 57 menit 47 detik. Area titik kumpul hanya ada satu yaitu lapangan basket. Sehingga semua orang pada Gedung Pattimura dan Cipto Mangunkusumo berlari menuju area lapangan basket.

Proses perulangan atau replikasi model tidak diperlukan dalam penelitian ini dan tidak perlu di normalisasikan dalam ProModel untuk mendapatkan data yang mirip. Hal ini karena proses pengambilan data sudah dilakukan sebanyak 10 kali kejadian. Sehingga sudah dapat mewakili sistem nyata yang terjadi berdasarkan uji distribusi data.

2) Analisis hasil skenario gedung Pattimura

a. Skenario 1

Tiga ruang kelas baik TI maupun IF pada sisi timur dan barat tiap lantai melewati tangga bagian tengah. Sedangkan 1 ruang kelas baik TI maupun IF tiap lantai melewati tangga pada sisi timur maupun barat. Data hasil skenario 1 memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 47 menit 36 detik dengan *output* mahasiswa sebanyak 1.300 orang, karyawan sebanyak 16 orang, dan dosen sebanyak 40 orang. Perbedaan waktu yang cukup banyak dari sistem nyata. Skenario ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata. Pemilihan 3 kelas melewati jalur evakuasi tangga tengah karena ukuran tangga yang lebih lebar sehingga mampu dilewati banyak orang.

b. Skenario 2

Dua ruang kelas baik TI maupun IF pada sisi timur dan barat tiap lantai melewati tangga bagian tengah. Sedangkan dua ruang kelas baik TI maupun IF tiap lantai lainnya melewati tangga pada sisi timur maupun barat. Data hasil skenario ini memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 46 menit 51 detik dengan *output* mahasiswa sebanyak 1.300 orang, karyawan sebanyak 16 orang, dan dosen sebanyak 40 orang. Skenario ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata dan selisih yang tidak terlalu jauh dengan skenario 1. Pemilihan dua kelas melewati jalur evakuasi tangga tengah dan dua kelas melewati tangga timur maupun barat agar seimbang dan agar merata.

c. Skenario 3

Skenario ini, 2,5 ruang kelas baik TI maupun IF pada sisi timur dan barat tiap lantai melewati tangga bagian tengah. Sedangkan 1,5 ruang kelas baik TI maupun IF tiap lantai melewati tangga pada sisi timur maupun barat. Data hasil skenario 3 memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 47 menit 21 detik dengan *output* mahasiswa sebanyak 1.300 orang, karyawan sebanyak 16 orang, dan dosen sebanyak 40 orang. Perbedaan waktu yang cukup banyak dari sistem nyata. Skenario ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata. Pemilihan 2,5 kelas melewati jalur evakuasi tangga tengah karena ukuran tangga tengah yang lebih lebar sehingga mampu dilewati banyak orang.

3) Analisis hasil skenario Gedung Ciptomangunkusumo

a) Skenario 1

Dua ruangan tiap lantai melewati tangga bagian timur dan menuju titik kumpul parkir mobil. Sedangkan 1 ruangan tiap lantai melewati tangga pada sisi barat untuk menuju titik kumpul lapangan basket. Pada area tangga barat pintu keluar terdapat dua bagian yaitu pintu utara dan selatan. Data hasil skenario ini memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 55 menit 20 detik dengan *output* sebanyak 156 orang. Skenario ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata. Pemilihan 2 ruangan melewati jalur evakuasi tangga timur untuk mengetahui seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk evakuasi karena ukuran tangga timur lebih sempit dibanding tangga barat namun lokasi titik kumpul lebih dekat dengan pintu keluar gedung.

b) Skenario 2

Dua ruangan tiap lantai melewati tangga bagian barat. Sedangkan 1 ruangan tiap lantai melewati tangga pada sisi timur. Data hasil skenario ini memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 49 menit dengan *output* sebanyak 156 orang. Perbedaan waktu yang cukup banyak dari sistem nyata, namun titik kumpul yang terlalu jauh daripada skenario satu menambah waktu tempuh untuk menuju titik kumpul. Skenario ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata namun tidak bagi skenario 1. Pemilihan 2 ruangan melewati jalur evakuasi tangga barat karena ukuran tangga yang lebih lebar sehingga mampu dilewati banyak orang.

c) Skenario 3

Skenario ini 1,5 ruangan tiap lantai melewati tangga bagian timur dan barat secara seimbang. Data hasil skenario 3 memakai parameter *Total Exit* dengan waktu 49 menit 5 detik dengan *output* sebanyak 156 orang. Perbedaan waktu yang cukup banyak dari sistem nyata, namun waktu

tempuh yang dibutuhkan tidak terlalu jauh dari skenario 2. Skenario 3 pada kondisi ini dikatakan lebih baik daripada sistem nyata. Disisi lain, pada saat dua ruangan melewati tangga timur dan barat maka akan terjadi penumpukan sehingga timbul desak-desakan. Kondisi seperti ini akan semakin menimbulkan rasa panik pada tiap orang saat turun menuju titik kumpul. Maka skenario 3 belum dapat dikatakan optimal walaupun sudah mendapatkan waktu evakuasi yang singkat.

Hasil simulasi untuk waktu tempuh evakuasi dari semua skenario dapat dilihat pada Tabel 2.





Tabel 2 Ringkasan waktu tempuh evakuasi dan sistem nyata


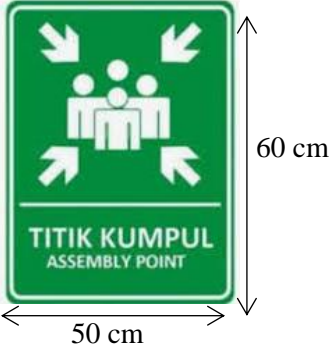
	Gedung Pattimura	Gedung Cipto Mangunkusumo
Sistem Nyata	1 jam 20'6"	57'47"
Skenario 1	47'36"	55'20"
Skenario 2	46'51"	49'
Skenario 3	47'21"	49'5"

- 4) Pemasangan Petunjuk Papan Informasi (Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2015)

Berdasarkan kondisi gedung yang ada, pemasangan penanda jalur evakuasi yaitu ditempel pada dinding tiap ruang kelas dekat pintu dengan jarak 2 meter dari lantai. Papan jalur evakuasi pada tangga juga berjarak 2 meter dari lantai. Papan petunjuk berwarna dasar hijau dengan tulisan berwarna putih agar mudah dibaca dan dipahami. Papan informasi titik kumpul di pasang pada area terbuka yang luas dan mudah dilihat. Total kebutuhan papan informasi titik kumpul sebanyak 3 buah dengan tinggi tiang 2 meter dipasang pada lapangan basket, parkir motor, dan parkir mobil. Rekapitulasi kebutuhan petunjuk papan informasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Kebutuhan petunjuk papan informasi

Papan informasi	Pattimura (unit)		Cipto Mangunkusumo (unit)	Pemasangan
	TI	IF		
	10	8	4	Dinding dekat pintu
	10	8	4	Dinding dekat pintu
	3	3	2	Dinding tangga
	6	3	2	Dinding tangga

Papan informasi	Pattimura (unit)		Cipto Mangunkusumo (unit)	Pemasangan
	TI	IF		
			1	Lorong menuju lapangan basket
			3	Lapangan basket, parkir mobil, dan parkir motor

4. KESIMPULAN

Skenario usulan yang dipilih yaitu skenario yang mempunyai waktu tempuh paling singkat. Skenario terbaik pada Gedung Pattimura yaitu skenario 2 yang membutuhkan waktu evakuasi 46 menit 51 detik dengan rute 2 ruang kelas melewati tangga tengah dan 2 ruang kelas melewati tangga timur dan barat serta titik kumpul berada di lapangan basket, parkir mobil, dan parkir motor. Sedangkan pada Gedung Cipto Mangunkusumo skenario terbaik yaitu skenario 2 yang membutuhkan waktu evakuasi 49 menit dengan rute 2 ruangan melewati tangga timur dan 1 ruangan melewati tangga barat serta titik kumpul berada di lapangan basket dan parkir mobil. Kebutuhan papan jalur evakuasi dan titik kumpul yang diperlukan yaitu 44 papan jalur evakuasi pada kelas, 19 papan jalur evakuasi tangga, 1 papan arah titik kumpul, dan 3 papan titik kumpul.

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya mempertimbangkan aspek eksternal dari objek penelitian seperti kepanikandan antrian pada rute evakuasi karena tidak semua entitas bergerak ke luar ruangan saat pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmungi, 2007. *Simulasi Komuter Sitem Diskrit*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Azwar, S., 1997. *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Balai Diklat Industri Yogyakarta, 2014. *Standar Operational Prosedur Evakuasi Bencana Gempa*. Yogyakarta: Kementrian Perindustrian Republik Indonesia.
- Djati, B. S. L., 2007. *Simulasi, Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2015. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penaggulangan Bencana No 07 tahun 2015 tentang Rambu dan Papan Informasi Bencana*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

-
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2016. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 48 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran*. Jakarta: Kemenkes RI.
- OSHA, 2003. *Emergency Exit Routes*. Washington: U.S. Department of Labor.
- Sumardjito, 2010. "Emergency Exit" Sebagai Sarana Penyelamatan Penghuni Pada Bangunan-bangunan Skala Besar. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Tim BNPB, 2018. *IRBI: Indek Resiko Bencana Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.